

Capítulo 15

La docencia práctica de cultivos celulares en los Grados de Bioquímica y Biotecnología de la Universitat de Barcelona

Manuel Reina del Pozo^{1,*}, Ofelia Martínez-Estrada¹, Francesc X. Soriano-Zaragoza¹,
Claudia Alejandra-Müller¹, Sergi Casellas-Díaz¹, Alejo Torres-Cano¹,
Ana García-Melero¹, Marina Ramiro-Pareta¹, Marc Segarra-Mondéjar¹,
Begoña Campos Bonilla²

¹ Sección de Biología Celular, Departamento Biología Celular, Fisiología e Inmunología,
Facultad de Biología, Universitat de Barcelona, Barcelona, España

² Departamento de Fundamentos Clínicos, Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud,
Universitat de Barcelona, Barcelona, España

Resumen: Las técnicas de cultivo celular son de gran importancia tanto en la investigación científica (bioquímica, biotecnológica, biomédica...) como en numerosas aplicaciones industriales entre las que destacaríamos la producción de biofármacos y la medicina regenerativa. En los Grados de Bioquímica y de Biotecnología impartidos en la Facultad de Biología de la Universitat de Barcelona esta competencia se trabaja especialmente en una asignatura, ‘Cultivos Celulares e Ingeniería Tisular’, en el sexto semestre. El reto de esta docencia es la incorporación de prácticas adecuadas para que el alumnado, al final de las mismas, conozca los procedimientos básicos y alguna de sus aplicaciones. Se han diseñado, implementado e impartido prácticas de cultivo celular animal durante 8 cursos a un total de 1047 estudiantes con una gran aceptación. Las sesiones prácticas en el laboratorio son precedidas por una explicación de las mismas en el aula y la elaboración de esquemas de los procedimientos. En el laboratorio, bien equipado para el cultivo celular, las/los estudiantes trabajan en grupos de 20 con dos docentes, formando equipos de 4 a 5 que son independientes, durante 5-6 horas de lunes a viernes, realizando un total de

* Dirección de correspondencia a: Manuel Reina del Pozo, Sección de Biología Celular, Departamento de Biología Celular, Fisiología e Inmunología, Facultad de Biología, Universitat de Barcelona, Avda Diagonal 645, 08028 Barcelona, España. Tel.: +34-93-4021630. Fax: +34-93-4039607. Email: mreina@ub.edu - (<http://orcid.org/0000-0002-0701-200X>).

4 experimentos. La evaluación de esta actividad se basa en la evaluación del desempeño del alumnado en el laboratorio, así como la valoración de un informe de las prácticas, que se le devuelve corregido y comentado. El alumnado valora estas prácticas de manera muy positiva. El principal indicador de su valor es el hecho de que en más del 60% de los trabajos finales de Grado realizados utilizan técnicas de cultivo celular. Por ello manifiestan su satisfacción al sentirse familiarizados con técnicas y equipos de cultivo celular al iniciar su trabajo de investigación.

Palabras clave: Cultivo de células animales; prácticas de laboratorio; evaluación de prácticas.

Abstract: Cell culture techniques are of great value both in scientific research (biochemistry, biotechnology, biomedicine...) and in multiple industrial applications, among which the production of biopharmaceuticals and regenerative medicine should be highlighted. In the degrees of Biochemistry and Biotechnology taught in the Faculty of Biology of the University of Barcelona, this ability is worked mainly in the Cell Culture and Tissue Engineering subject, in the sixth semester. The challenge of this teaching is the incorporation of appropriate practical lectures so that the student, at the end of these, knows the basic procedures and some of their applications. Animal cell culture practical lectures were designed, implemented and taught for 8 academic years to a total of 1047 students with great performance. The practical sessions in the laboratory were preceded by an explanation of them in the classroom and the elaboration of procedures diagrams. In the laboratory, which was well-equipped for cell culture, the students worked in groups of 20 students with two lecturers, forming independent teams of 4-5 students, for 5-6 hours a day from Monday to Friday, conducting a total of 4 experiments. The assessment of this activity was based on the appraisal of the student performance in the laboratory as well as the evaluation of a report of the practical lectures, which was returned to the student with corrections and comments. The students' perceptions toward these practical lectures were very positive. The main indicator of their valuation was the fact that more than 60% of the end-of-degree projects applied cell culture techniques. Thus, they expressed their satisfaction for becoming familiarized with cell culture techniques and equipment, which will be very useful to them when they begin their research work.

Keywords: Animal cell culture; laboratory practices; practices evaluation.

Introducción

La metodología de Cultivo Celular Animal en los Grados de Bioquímica y Biotecnología de la Universitat de Barcelona

Una búsqueda en las bases de datos bibliográficas con términos como ‘cell lines’, ‘cell culture’ o similares identifica de 1 a 5 millones de referencias bibliográficas. El uso de cultivos celulares animales tiene una gran aplicación en diversas áreas de conocimiento, por ejemplo en Biotecnología, Bioquímica y Biomedicina, y, cada vez más, en numerosos procesos industriales entre los que destacaría la producción de biofármacos (Aggarwal, 2014). En el ámbito de la Biomedicina y especialmente en la Medicina Regenerativa es esencial. El objetivo del presente trabajo es explicar cómo hemos integrado la formación en Cultivos Celulares Animales (CCA) de los y las nuevas profesionales en el ámbito de la Bioquímica y Biotecnología de la Universitat de Barcelona (UB). Esta formación se incorporó al plan de estudios de los Grados de Bioquímica (GBQ) y Biotecnología (GBT) de la UB en la reforma del Plan de Estudios de 2009, realizada con los requisitos del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).

En el Plan de Estudios de 2009 de los GBQ-UB y GBT-UB, con las asignaturas en una organización semestral, se incorporó una asignatura obligatoria de 6 créditos ECTS en el sexto semestre titulada ‘Cultivo Celular e Ingeniería Tisular’ (CCIT) y cuya coordinación fue asignada a la Sección de Biología Celular (SBC) del Departamento de Biología Celular, Fisiología e Inmunología (DBCFI). A nivel de contenidos se definieron dos bloques: cultivo de células animales, con un porcentaje de contenidos del 75% y cultivo de células vegetales, con un 25% de los mismos.

En la estructura de los GBQ y GBT el alumnado encuentra conceptos de Cultivo Celular en asignaturas previas como por ejemplo en ‘Biología Celular’, asignatura de 6 créditos ECTS obligatoria del tercer semestre: en las sesiones de prácticas de laboratorio de ‘Biología Celular’ el alumnado emplea una línea celular secundaria en cultivo, fibroblastos NRK (ATCC CRL6509), sobre la que realiza un procedimiento de inmunocitoquímica para la detección de proteínas de citoesqueleto y de otros compartimentos, y se le introduce en los conceptos más básicos de la manipulación de cultivos celulares. Además, estos sistemas se emplean en otras asignaturas optativas como ‘Neurobiología’, ‘Biomateriales y Nanotecnología’...

En la estructuración de los Grados impartidos en la Facultad de Biología de la UB se optó por dar una gran importancia al Trabajo Final de Grado que en realidad se corresponde con tres asignaturas (‘Practicum I’, ‘Practicum II’ y ‘Trabajo Final de Grado’) de un total de 24 créditos, casi un 10% del total de los créditos del grado. Otro indicativo de la importancia que se le ha dado a la metodología del cultivo celular en GBQ y GBT es que más del 60% de los TFG presentados por el alumnado de los GBQ y GBT incluyen técnicas de cultivo celular entre las metodologías empleadas.

Métodos

La asignatura de ‘Cultivos Celulares e Ingeniería Tisular’

Situada en el Plan de Estudios de 2009 en el sexto semestre es una asignatura de 6 créditos ECTS que es impartida por profesorado de dos secciones departamentales de dos De-

partamentos diferentes de la Facultad de Biología de la UB (Sección de Biología Celular (DBCFI), responsable de la parte de cultivos celulares animales y Sección de Fisiología Vegetal (DBEECA), responsable de la parte de cultivos celulares vegetales). Es obligatoria en los GBQ y GBT y se oferta como optativa en los Grados de Biología y de Biomedicina, también impartidos en la Facultad de Biología de la UB. El número de estudiantes que la cursan anualmente está entre 150 y 170.

Esta asignatura se imparte usando dos tipos de actividades: docencia teórica en aula en dos grupos de entre 60 y 90 estudiantes, en tres sesiones de 50 minutos/semana (un total de 30 sesiones), y docencia en laboratorio de cultivo celular organizadas en dos bloques con un total de 37 h/estudiante. El primero, en el que se centrará este artículo, es el de cultivos celulares animales, que se imparte a lo largo de una semana en 5 sesiones de entre 5 y 6 horas diarias, en horario de tarde. El segundo, de cultivos celulares vegetales, se realiza en cuatro sesiones de 3 h a lo largo del semestre. Estas diferencias en la organización son consecuencia de las diferentes propiedades que tienen los cultivos animales y vegetales.

El equipo docente de la asignatura, formado por el profesorado que imparte las sesiones de teoría y las de prácticas se reúne al menos al principio y al final del periodo de impartición y es el responsable de la organización de la misma. A lo largo de los 8 cursos en los se ha impartido la asignatura el equipo docente ha propuesto e implementado numerosas innovaciones, algunas exitosas y otras que no lo han sido, lo que ha llevado a la configuración que actualmente tiene la asignatura.

Tabla 1

Temario de la asignatura «Cultivos Celulares e Ingeniería Tisular»

Presentación

Bloque 1. Cultivo de células animales

- Biología de la célula animal en cultivo
- El laboratorio de cultivo celular
- Bioseguridad en el laboratorio de cultivo
- Técnicas básicas de cultivo celular animal
- Técnicas de estudio de cultivos celulares
- Escalado industrial de cultivos celulares
- Células madre animales
- Ingeniería tisular

Bloque 2. Cultivo de células vegetales

- Técnicas de cultivo de células vegetales
- Micropropagación
- Cultivo de estructuras no organizadas y variabilidad *in vitro*
- Cultivo de estructuras relacionadas con la reproducción
- Otras aplicaciones del cultivo *in vitro*

Las prácticas de Cultivo Celular Animal en la asignatura de «Cultivos Celulares e Ingeniería Tisular»

Las sesiones prácticas de cultivo celular animal se realizan en grupos de 20 estudiantes durante 5 días por la tarde, en sesiones de alrededor de 5-6 h/diarias, con un total 25 h/estudiante, aunque, frecuentemente, el alumnado hace alrededor de 30 h. En la sesión de laboratorio están presentes, en todo momento, dos docentes, y, para una actividad específica (que se detallará más adelante) un tercero. Entre los y las docentes de prácticas diferenciamos dos papeles. La persona que lidera o responsable de la práctica es la que realiza las explicaciones al grupo y coordina las actividades y es un profesor o profesora que tiene amplia experiencia tanto en el cultivo celular como en la docencia de esta asignatura. El profesor o profesora junior tiene experiencia en la metodología de cultivo celular pero no ha impartido aún suficientes grupos de esta asignatura. Es responsable de 10 estudiantes, y está supeditado a las instrucciones del o la líder. Para poder ser líder en un grupo se han tenido que impartir al menos 3 grupos como junior y ser considerado apto por el equipo docente. Esta organización busca asegurar una buena uniformidad de la docencia en el laboratorio, evitando, en lo posible, los sesgos debidos al profesor o profesora. En la actualidad podemos impartir toda la docencia práctica de esta asignatura con 3-4 docentes líder y el mismo número de juniors.

El laboratorio de prácticas de cultivo celular

Las sesiones de prácticas de cultivo celular animal se realizan en dos laboratorios: uno específico de docencia, denominado laboratorio P6, de la Facultad de Biología, y otro que es un pequeño laboratorio de nivel 2 usado por el departamento para la producción de las líneas celulares necesarias en docencia, denominado laboratorio 28.

El laboratorio P6 es un laboratorio de docencia, una instalación de cultivo de nivel 1 de bioseguridad de, aproximadamente, 180 m² y está equipado con todo el material necesario para realizar estas prácticas (Tabla 2). El trabajo en el laboratorio se organiza en grupos de trabajo de 4 a 5 estudiantes. El primer día de prácticas se les asigna instrumentación y equipo que han de devolver en condiciones el último día (1 cabina de flujo laminar, juegos de pipetas, microscopios, contadores celulares...), así como espacios en los incubadores, neveras y congeladores. Cada grupo de trabajo trabaja independientemente compartiendo con el resto de los grupos solo el equipo de uso esporádico: microscopios de fluorescencia, centrífugas, espectrofotómetro de placa, microscopios invertidos con registro fotográfico...

Tabla 2

Listado de equipo disponible en laboratorio P6

Cabinas de cultivo celular:

- cabinas de cultivo celular de clase II horizontal (1 unidad)
- clase II vertical tipo I (microbiológicas, 1 unidad)
- clase II vertical tipo IIA (2 unidades)

Equipo por cabina de cultivo: 1 juego de pipetas (P20, P200, P1000), contenedores, gradillas, pipetas, cajas de puntas

Incubador de CO₂

Estufa de 37°C

Centrífugas (microfugas 2 unidades, 1 media velocidad)

Baños termostatzados

Microscopios invertidos de contraste de fases (3 unidades, 1 con registro fotográfico)

Microscopios directos (12 unidades)

Microscopio de fluorescencia directo con sistema de registro fotográfico

Microscopio de fluorescencia invertido

Espectrofotómetro de placa

Ordenadores (6 unidades)

Material propio de cada equipo: 1 juego de pipetas (P2, P20, P200., P1000), 4 cámaras de Neubauer, 3 microscopios directos, juegos de pinzas.

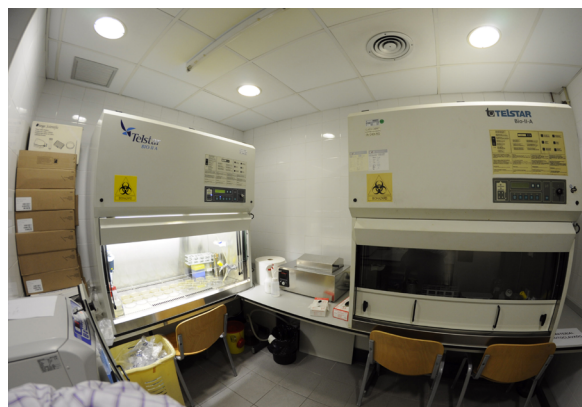


Figura 1

(A) Imagen de la zona de cabinas del laboratorio P6.
(B) Imagen del laboratorio 28

El laboratorio 28 es una pequeña sala de cultivos de nivel 2 de bioseguridad situada cerca del laboratorio P6, de 30 m², y es utilizado habitualmente por personal de la Sección de Biología Celular para su trabajo experimental y por el técnico de cultivos para producir las líneas celulares necesarias para la docencia de las diferentes asignaturas. Esta instalación y su equipo se utilizan en las prácticas de cultivo celular animal para poder disponer de un número mayor de cabinas de cultivo celular. Dotado de 2 cabinas de cultivo celular de seguridad biológica (clase II vertical tipo IIA), baños, incubador de CO₂, centrífuga, microscopios invertidos de contraste de fases (2 unidades, uno con sistema de registro fotográfico), microscopio de fluorescencia directo con sistema de registro fotográfico...

Contenido de las prácticas de cultivo celular animal

El alumnado dispone de un guion de prácticas que puede descargar del campus virtual de la asignatura (Moodle) y en el que, además de información de seguridad y normas de funcionamiento del laboratorio, encontrará los protocolos detallados de los procedimientos a realizar. El guion de prácticas ha sido depositado en el Diposit Digital de la UB y es accesible libremente (ver ref: Guion de Prácticas).

En las prácticas el alumnado ha de manipular cultivos de células adherentes (NRK, y HeLa) y en suspensión (Jurkat) y tienen que realizar 4 procedimientos. Éstos se organizan temporalmente desde el lunes al viernes simultáneamente, de modo que se ve obligado a planificar su trabajo e ir haciendo un poco cada día. Solo uno de estos experimentos (el 1) es completamente individual: cada estudiante ha de hacer, desde el principio al fin, todos y cada uno de los pasos. Los otros tres experimentos se han de hacer en equipo. Los experimentos son los siguientes:

- Experimento 1: Manipulación de células adheridas (NRK): congelación/descongelación, conteo y viabilidad de los cultivos.
- Experimento 2: Efecto del % de suero en el crecimiento celular: curvas de crecimiento en células adherentes (HeLa) y en suspensión (Jurkat) (conteo celular, determinación de viabilidad, análisis de imagen, cuantificación celular mediante cristal violeta (CVDE)).
- Experimento 3: Efecto del % suero en la proliferación y migración celular: experimento de recuperación de herida (microfotografía, análisis de imagen con Image J).
- Experimento 4: Efecto del porcentaje de confluencia del cultivo sobre la eficiencia de transfección celular (lipofección, plásmidos de expresión eucariota, microscopía de fluorescencia, análisis de imagen con Image J).

Además se incorpora una quinta actividad que es una visita comentada, por un tercer docente, de entre 60 y 90 minutos a diferentes instalaciones de la Facultad de Biología relacionadas con el cultivo celular (servicio de criogenia-Eucellbank, sala de cultivos BSL-2+...). Esta visita se organiza dividiendo a los equipos de trabajo por la mitad para que los procedimientos en el laboratorio no se detengan en ningún momento.

Además, aprovechando el tiempo en el laboratorio se explica al alumnado aquellos recursos que va a necesitar para el procesamiento de los resultados que va generando. Es de especial interés la introducción al programa de análisis de imagen Image J que ha de usar en el

procesado del gran número de imágenes que genera, tanto de microscopía de contraste de fases como de fluorescencia.

A continuación se expone la organización temporal del experimento 1 (individual) a lo largo de los 5 días de la práctica. El objetivo de este experimento es la manipulación semanal de una línea celular adherente (NRK). Se inicia el día 1 (lunes) con la preparación de los medios necesarios. El alumnado no recibe el medio preparado listo para usar, sino el medio comercial y alícuotas concentradas de los diferentes aditivos, suero, glutamina, antibióticos... Ha de planificar qué medio necesita, localizar los componentes, calcular las cantidades de cada uno de ellos y preparar el volumen que necesite. Descongelará una alícuota criopreservada de células NRK y sembrará las células obtenidas en una placa de 35 mm de diámetro (placa 1), determinando tanto el número de células que hay en la alícuota como su viabilidad. Se le pide que observe el proceso con el microscopio de contraste de fases y que registre fotográficamente el proceso de ‘spreading’ y su duración. El día 2 (martes) han de comprobar el estado del cultivo, y registrarlo fotográficamente. El día 3 (miércoles) el cultivo deberá haber alcanzado el 80-90% de confluencia y se procederá a su tripsinización, determinando el número de células obtenidas y su viabilidad. A partir de estos datos calcularán el rendimiento, tiempo medio de duplicación... Una fracción de la población se replaqueará (placa 2), disponiendo de una segunda oportunidad para seguir el proceso de ‘spreading’ y registrarlo fotográficamente, y el resto se congelará en una solución de criopreservación. El día 4 (jueves) se controla el estado de la placa 2, con el consiguiente registro fotográfico, y se descongela la alícuota congelada el día anterior, determinando el número de células y su viabilidad, y sembrando una nueva placa (placa 3). Aquí tiene el estudiante o estudianta una tercera oportunidad para seguir el proceso de ‘spreading’. Finalmente, el día 5 (viernes) el o la estudiante ha de haber obtenido dos placas de células NRK viables y no contaminadas. Se registrarán fotográficamente y se determinará el porcentaje de confluencia.

Resultados y discusión

Preparación, seguimiento y realización de las prácticas de cultivo celular animal

Una discusión frecuente en el seno del equipo docente de la asignatura ha sido cómo conseguir un mayor seguimiento y aprovechamiento de las prácticas por parte del alumnado. Hemos llegado a la conclusión de que no se consigue con un mayor dirigismo de sus actividades en el laboratorio sino con dos actividades clave. Por una parte, informarle con tiempo suficiente de cómo serán las prácticas, de su organización, objetivos y de los procedimientos a seguir, y por otra parte de los mecanismos que el profesorado usará para facilitarle el aprendizaje y para obtener evidencias que permitan su evaluación. Por esta razón se han diseñado todo un conjunto de actividades que preceden, acompañan y siguen a las sesiones en el laboratorio (Figura 2) y que son las siguientes:

1. Explicación de las prácticas en el aula. Una semana antes de que el primer grupo inicie las prácticas se dedica una sesión en el aula (50 minutos) a explicar en detalle la organización de las prácticas, los objetivos que se persiguen y los procedimientos a realizar. El alumnado, antes de esta sesión, ha tenido que obtener el guion de prácticas (disponible en pdf en el campus virtual, Moodle, de la asignatura), imprimirlo y leerlo.

2. Entrega de esquemas de los procedimientos. El fin de semana anterior a la semana de prácticas cada estudiante ha de entregar a través del campus virtual de la asignatura 4 esquemas en los que recoja los procedimientos que se harán. Estos esquemas, que son revisados por el /la docente líder de la práctica, ha de usarlos en las sesiones prácticas y su no entrega supone una penalización en la calificación. El objetivo es conseguir una lectura atenta del guion.
3. En las sesiones de laboratorio se supervisa el trabajo de cada estudiante individualmente. Para ello se les pide que pongan su nombre en la bata y cada docente se hace responsable de dos equipos de trabajo, que supervisará durante las 25-30 h de trabajo experimental lo que permite un buen conocimiento de las capacidades y habilidades de cada uno de ellos. Además, se utilizan pequeños cuestionarios al inicio de las sesiones para forzar que los estudiantes se centren en aquellos aspectos que, como el cálculo de las diluciones o de los reactivos necesarios para la preparación de los medios son imprescindibles para el correcto desarrollo de la sesión. Finalmente, y de manera sorpresiva, se irán revisando las libretas de laboratorio en las que el estudiante ha de ir registrando las manipulaciones realizadas y los resultados obtenidos, la nomenclatura/codificación de las imágenes tomadas, la distribución de tareas entre los miembros del equipo...
4. En los quince días siguientes a las sesiones de laboratorio el equipo de trabajo ha de redactar, coordinadamente, un informe de laboratorio. En éste ha de recoger los resultados de los procedimientos correctamente procesados y analizados, y hacer una discusión de los mismos, así como las conclusiones obtenidas. Se hace especial énfasis en la necesidad de agrupar resultados que se expresarán como valores medios y parámetros de dispersión (estadística descriptiva), que se analizarán con las técnicas estadísticas apropiadas. Esto es aplicable tanto a los parámetros numéricos medidos (por ejemplo el número de células, la viabilidad celular, el tiempo medio de duplicación del cultivo...) como a aquellos que obtienen a partir del procesamiento con Image J de las imágenes obtenidas densidad celular en placa, distancia recorrida por el borde de migración en la herida...). La entrega del informe se ha de hacer en una copia por equipo de trabajo antes de 15 días después de terminar las prácticas a través de una tarea en el campus virtual.
5. Revisión del informe de prácticas por los dos docentes de prácticas y emisión de informe de corrección. Cada uno de los dos docentes de prácticas lee el informe, lo corrige y evalúa siguiendo una rúbrica de corrección que ha de justificar para cada uno de los ítems evaluados. El periodo de revisión del informe termina como máximo 15 días después de su entrega. La rúbrica usada está disponible libremente (ver ref: Guion de Prácticas).
6. Envío del informe de evaluación del informe de prácticas al alumno/a. La persona coordinadora de la asignatura recibe las calificaciones de los y las estudiantes así como el informe emitido por el profesorado de prácticas y lo remite personalmente a través de email. El alumnado puede solicitar tanto al coordinador de la asignatura como al profesorado de prácticas aclaraciones sobre la corrección y la calificación.

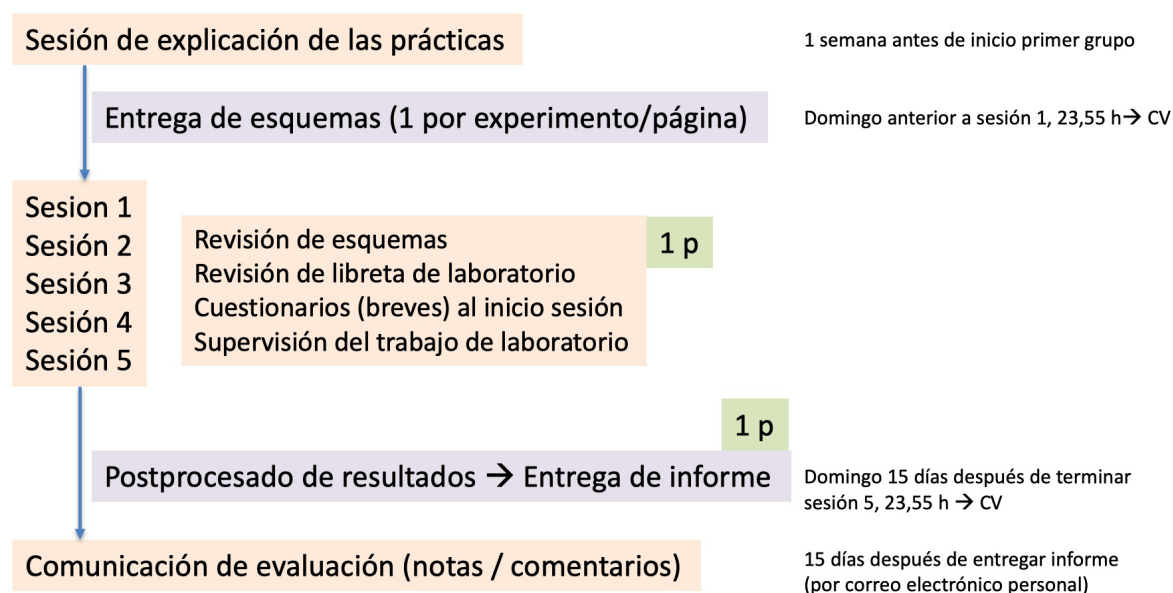


Figura 2

Actividades anteriores y posteriores a las sesiones prácticas de cultivo celular animal. En verde se indica el valor (en puntos de la calificación final de la asignatura) de cada uno de los ítems empleados para la evaluación de las sesiones de prácticas

Evaluación y calificación de las prácticas

La calificación final de la asignatura de ‘Cultivos Celulares e Ingeniería Tisular’ se obtiene de considerar con un 10% la calificación de cada uno de los dos exámenes parciales que se realizan al terminar cada uno de los dos bloques (cultivo de células animales y cultivo de células vegetales), un 20% de las prácticas de cultivo celular animal, un 10% de las prácticas de cultivo celular vegetal, y un 50% de un examen final, que se ha de aprobar.

La calificación de las prácticas de cultivo celular animal se obtiene a partir de la evaluación de dos bloques de actividades, cada una de ellas valorada con un 50%. La primera, es la que corresponde a las actividades que realiza el alumnado en el laboratorio y es emitida por el profesor/a que lo supervisa más estrechamente, aunque en realidad es fruto del consenso de ambos docentes de prácticas. La segunda es la media de la calificación del informe de prácticas que establece cada uno de los dos profesores de prácticas. A fin de uniformizar los criterios de calificación se emplea una rúbrica. Esta rúbrica se les explica a los alumnados antes de iniciar las prácticas. La rúbrica junto con el Guion de Prácticas ha sido depositada en el Dipòsit Digital de la Universitat de Barcelona (ver ref: Guion de Practicas).

Valoración de las prácticas por los y las estudiantes y reflexión sobre el impacto en su formación

No disponemos de mecanismos que nos permitan determinar el grado de satisfacción de los y las estudiantes por la formación recibida en las sesiones de prácticas, la actuación

del profesorado, o los recursos disponibles... tal como sí que tenemos para la evaluación de otros aspectos de las sesiones de teoría. La Universitat de Barcelona no ha considerado necesario realizar encuestas de evaluación del profesorado de prácticas.

Sí que disponemos de los resultados de las encuestas de valoración del profesorado que imparte la teoría. En éstas se recogen ocasionalmente opiniones, habitualmente muy positivas, sobre las prácticas, destacando entre otros aspectos su organización, la gran cantidad de actividades que cada estudiante ha de hacer por sí mismo en un entorno adecuado, el seguimiento por parte del profesorado y el hecho de recibir el informe de prácticas corregido y comentado, en el que se indica lo que está bien y lo que es más importante, aquello que, según el criterio del profesor/a, es mejorable. Hemos recogido también comentarios negativos, que se suelen referir fundamentalmente a diferencias de actitud e interés de los y las estudiantes que forman parte de algunos equipos de trabajo o a ocasionales problemas técnicos causados por fallos de equipos (son equipos viejos que han sido usados en docencia durante años y que requerirían ser reemplazados).

Conclusiones

Hay una observación que nos han hecho varios estudiantes ya egresados en relación a su experiencia al hacer el TFG, TFM o iniciar su vida profesional y es la de que se sorprendieron tanto ellos como sus supervisores cuando al iniciar el trabajo en el laboratorio todos aquellos aspectos relacionados con el cultivo celular animal, el trabajo en condiciones de esterilidad, el uso de cabinas de cultivo, la preparación de medios, les era familiar y, la experiencia adquirida en la asignatura de ‘Cultivos Celulares e Ingeniería Tisular’ les fue muy útil para adaptarse al trabajo de investigación en un laboratorio.

Bibliografía

Aggarwal, R.S. What's fueling the biotech engine-2012 to 2013 *Nature Biotechnology* 2014, 32 (1): 32-9 (doi: 10.1038/nbt.2794).

Otras referencias

Plan de estudios de Grado de Bioquímica de la UB: http://www.ub.edu/biologia/guia_grau_bioquimica/assignatures.html.

Plan de Estudios de Grado de Biotecnología de la UB: http://www.ub.edu/biologia/guia_grau_biotecnologia/assignatures.htm.

Descripción de la línea NRK (ATCC CRL 6509): <https://www.lgcstandards-atcc.org/products/all/CRL-6509.aspx>.

Guión de Prácticas de cultivo celular animal y rúbrica usada en su evaluación: <http://hdl.handle.net/2445/132266>.